



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 61 265 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 01 S 5/024  
H 01 S 5/40  
H 01 S 3/0941

21 Aktenzeichen: 100 61 265.2  
22 Anmeldetag: 6. 12. 2000  
43 Offenlegungstag: 27. 6. 2002

DE 100 61 265 A 1

71 Anmelder:  
JENOPTIK AG, 07743 Jena, DE  
74 Vertreter:  
Patentanwälte Oehmke & Kollegen, 07743 Jena

72 Erfinder:  
Hennig, Petra, 07646 Stadtroda, DE; Hollemann,  
Günter, 07749 Jena, DE

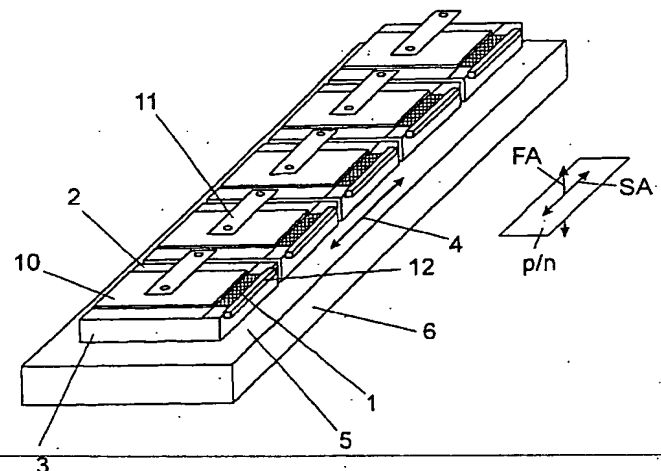
56 Entgegenhaltungen:  
DE 198 46 532 C1  
DE 195 37 265 C1  
DE 198 21 544 A1  
DE 195 36 463 A1  
GB 22 99 205 A  
US 60 44 096 A  
US 59 78 404 A  
US 56 68 822 A  
EP 05 90 232 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Diodenlaseranordnung

57 Bei einer Diodenlaseranordnung besteht die Aufgabe, eine in der Leistung skalierbare Strahlungsquelle so zu gestalten, dass unterschiedliche Arten der Kühlung Anwendung finden können und die Konfiguration des Strahlungsfeldes in einfacher Weise zur Anpassung an unterschiedliche Aufgaben geeignet ist.  
Dazu ist jeder Diodenlaser mit einer Wärmekontaktfläche eines separaten, wärmespreizenden Trägers verbunden, der elektrisch isoliert auf einer kühlenden Oberfläche eines gemeinsamen Kühlelementes befestigt ist. Die Träger sind derart nebeneinander angeordnet, dass die linienförmigen Emissionsbereiche der Diodenlaser in einer Reihe benachbart sind und die p-n-Übergangsebenen parallel zu den Wärmekontaktflächen verlaufen.  
Die Diodenlaseranordnung ist besonders als Pumplichtquelle geeignet.



DE 100 61 265 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Diodenlaseranordnung, bei der ein jeder Diodenlaser mit einer Wärmekontaktfläche eines separaten, wärmespreizenden Trägers in Verbindung steht, einen Emissionsbereich aufweist, der in einer Ausdehnungsrichtung parallel zu den Wärmekontaktflächen langgestreckt ist und eine p-n-Übergangs-Ebene enthält, die parallel zu den Wärmekontaktflächen verläuft.

[0002] Für die industrielle Laser-Materialbearbeitung, zum Pumpen von Festkörperlaser und auch in der Medizintechnik werden üblicherweise als Arrays ausgebildete Hochleistungslaserdioden verwendet, die durch Stapeln zu zweidimensional emittierenden Flächen mit einer erhöhten Strahlungsleistung aufgebaut werden. Verbesserte Strahlungseigenschaften können mit einer Kollimation der sogenannten schnellen Achse (senkrecht zur p-n-Übergangsebene) und auch zusätzlich mit einer Kollimation der langsamen Achse erreicht werden. Schließlich führen eine Strahlumformung oder Strahlsymmetrisierung zur weiteren Verbesserung der Strahldichte und Strahlqualität. Typische Dimensionen für die Zeilenbreite sind etwa 5 bis 12 mm und für die Stapelhöhe 5–100 mm, wobei bis zu 50 Laserdiodenarrays in einem als Stack bezeichneten Laserdiodenstapel übereinander angeordnet sein können. Stapelbare Systeme erfordern eine effiziente Kühlung aufgrund ihres kompakten Aufbaus, zumal der Abstand zwischen den Arrays zur Erzielung hoher Leistungsdichten möglichst klein zu halten ist. Dies hat in der Vergangenheit zur Entwicklung von wassergekühlten Wärmesenken geführt, die Mikrokanalstrukturen für die Realisierung eines geringen Wärmewiderstandes bei äußerst kompakten Abmessungen enthalten.

[0003] Solche Mikrokanalwärmesenken sind beispielsweise nach der DE 43 15 580 und der DE 197 50 879 bekannt. Die US 5 105 429 und die US 5 105 430 verwenden diese Wärmesenken ausdrücklich zur Erzeugung von stapelbaren Systemen, wobei die Kühlflüssigkeit durch den Stapel in durchgehenden Bahnen geführt ist. Jede der im Stapel vorhandenen Mikrokanalwärmesenken besteht aus einer mehrlagigen Schichtstruktur mit Mikrokanälen in der oberen Schicht und weist Zu- und Abflüsse auf, die an die durchgehenden Bahnen angeschlossen sind.

[0004] Auf die US 5 105 429 und die US 5 105 430 wird auch in der DE 43 35 512 Bezug genommen. Letztere setzt einen sogenannten "Heatspreader" ein, um die kleine Wärmeableitungsfläche der Laserdiode wesentlich zu vergrößern und somit die Kühleffizienz um ein Vielfaches zu steigern.

[0005] In dem prinzipiell für eine Stapelung geeigneten modularen Aufbau nach der DE 43 15 580 sind die Funktionen einer Mikrokanalwärmesenke auf fünf Schichten verteilt. In einer Mikrokanal- bzw. Verteilerplatte wird die über einen Zufluss zugeführte Kühlflüssigkeit auf die Mikrokanäle verteilt, die sich unterhalb eines auf der Deckschicht befestigten Diodenlasers befinden. Über Verbindungskanäle in einer Zwischenschicht wird die Kühlflüssigkeit in eine Sammelplatte geleitet, von wo aus eine Verbindung zu einem Abfluss besteht. Eine Grundplatte schließt die Mikrokanalwärmesenke nach unten ab.

[0006] Obwohl die direkte (aktive) Flüssigkeitskühlung äußerst effektiv ist, weisen Mikrokanalwärmesenken auch Nachteile auf. So sind die Strukturen der Mikrokanäle aufwändig in der Herstellung. Das Kühlmittel, für das häufig Wasser verwendet wird, stellt aufgrund der unmittelbaren Nähe zu den empfindlichen Halbleiterbauelementen sehr hohe Anforderungen an die flüssigkeitsführenden Materialien, an die Dichtungen und die Kühlmittelqualität.

[0007] Probleme sind auch damit verbunden, dass die

flüssigkeitsführenden Kanäle Gebiete mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen durchlaufen müssen. Ohne aufwändige Maßnahmen entstehen zum Teil sehr hohe elektrische Felder, die elektrochemische Prozesse von großer Komplexität auslösen können.

[0008] Sollen die Stapel zum Schutz vor äußeren Umgebungseinflüssen eingehaust werden, macht sich ein besonderer hoher Aufwand notwendig, um das infolge einer Restleakrate sich in dem Gehäuse niederschlagende Kondensat zu beseitigen oder um die Bildung eines solchen zu verhindern.

[0009] Nachteile sind auch mit der Stapelung selbst verbunden. So erfordert ein immer weiter verringert Abstand zwischen den Arrays nicht nur eine immer effektivere Kühlung, sondern der Verringerung selbst sind zusätzlich geometrische Grenzen gesetzt.

[0010] Auch eine gemäß der DE 43 15 580 vorgeschlagene Anordnung, bei der mehrere Laserdiodenbarren auf einer großflächigen Mikrokanalwärmesenke montiert sind, vermag den geometrisch bedingten Freiraum zwischen den strahlenden Flächen von Kantenemittern nicht zu schließen.

[0011] Schließlich weisen die Diodenstapel noch den Nachteil auf, dass sie aufgrund der vorgegebenen Konfiguration ihres Strahlungsfeldes nur auf bestimmte Anwendungen beschränkt sind.

[0012] Es ist deshalb die Aufgabe der Erfindung, eine in der Leistung skalierbare Strahlungsquelle so zu gestalten, dass unterschiedliche Arten der Kühlung Anwendung finden können, und die Konfiguration des Strahlungsfeldes in einfacher Weise zur Anpassung an unterschiedliche Aufgaben geeignet ist.

[0013] Die Aufgabe wird durch eine Diodenlaseranordnung, bei der ein jeder Diodenlaser mit einer Wärmekontaktfläche eines separaten, wärmespreizenden Trägers in Verbindung steht, einen Emissionsbereich aufweist, der in einer Ausdehnungsrichtung parallel zu den Wärmekontaktflächen langgestreckt ist und eine p-n-Übergangs-Ebene enthält, die parallel zu den Wärmekontaktflächen verläuft dadurch gelöst, dass die Träger in Ausdehnungsrichtung der Emissionsbereiche nebeneinander angeordnet und elektrisch isoliert auf einer kühlenden Oberfläche eines gemeinsamen Kühlelementes befestigt sind, so dass die kühlende Oberfläche parallel zu den Wärmekontaktflächen verläuft. Dabei ist jeder Träger der untereinander elektrisch in Reihe geschalteten Diodenlaser als elektrischer Kontakt zu dem verbundenen Diodenlaser ausgebildet.

[0014] Vorteilhafterweise ist jedem Diodenlaser ein Kollimator für die senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene verlaufende schnelle Achse eines ausgesendeten Laserstrahlenbündels zugeordnet.

[0015] In einer besonders vorteilhaften Ausführung weist die kühlende Oberfläche eine Treppenstruktur auf, auf deren Stufen die Träger aufliegen. Mit einer speziellen Optik ist es möglich, die von den in ihrer Ausdehnungsrichtung nebeneinander liegenden und um die Höhe der Stufen versetzt angeordneten Emissionsbereichen emittierte Laserstrahlung so umzuformen, dass eine Strahlqualität entsteht, die mit der eines Stacks vergleichbar ist. Die Optik ist den Diodenlasern in Form eines Umlenkelementes nachgeordnet, das die Laserstrahlenbündel entlang ihrer langgestreckten Ausdehnung benachbart zueinander anordnet. Das Umlenkelement besteht aus einem Stapel von Einzelementen, von denen jedes einem Diodenlaser zugeordnet ist. Während von paarweise zueinander parallel verlaufenden Seitenflächen des Einzelementes eine als Strahleintrittsfläche dient, ist eine erste Stirnfläche als Reflexionselement ausgebildet, welches das Laserstrahlenbündel in Richtung einer zweiten, für den Strahlaustritt vorgesehenen Stirnfläche umlenkt. Die Strahl-

eintrittsfläche weist in einer Richtung senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene eine Ausdehnung auf, welche die Ausdehnung des kollimierten Laserstrahlenbündels in dieser Richtung derart überschreitet, dass eine dämpfungsarme Strahlungseinkopplung gewährleistet ist und Reflexionen an den Seitenflächen des Einzelelementes in Richtung der schnellen Achse vermieden werden. So ist gewährleistet, dass in den unterschiedlich langen Einzelelementen keine wesentliche Strahlaufweitung zu verzeichnen ist. Durch eine in Richtung der langsamen Achse vorhandenen Divergenz der Laserstrahlenbündel tritt an den betroffenen Seitenflächen des Einzelelementes eine interne Totalreflexion auf, was in positiver Weise zu einer Strahlhomogenisierung führt.

[0016] Es ist von Vorteil, wenn die Strahleintrittsfläche und die Stirnfläche für den Strahlaustritt antireflektierend beschichtet sind.

[0017] Die erfindungsgemäße Konfiguration lässt es zu, dass das gemeinsame Kühlelement mit den verschiedensten wärmeabführenden Mitteln gekoppelt werden kann, wie zum Beispiel mit Peltier-Elementen, einer Wasserkühlung oder einer erzwungenen Konvektion. In jedem Fall sollte zwischen dem Träger und der kühlenden Oberfläche ein Wärmeübergangskoeffizient von mindestens  $0,03 \text{ W/mm}^2\text{K}$  vorhanden sein. Auch das im Stand der Technik bei einer Wasserkühlung auftretende Problem der Kondensatbildung ist auf einfache Weise gelöst, da flüssigkeitsführende Kanäle und Dichtungen außerhalb eines für die Diodenlaser vorgesehenen Gehäuses gelegt werden können. Selbstverständlich können in dem mit einem Austrittsbereich für die Laserstrahlenbündel versehenen Gehäuse zusätzlich Trockenmittel enthalten oder Sicherheitseinrichtungen integriert sein.

[0018] Schließlich kann es auch vorteilhaft sein, wenn jedem Diodenlaser ein Kollimator für die parallel zur p-n-Übergangs-Ebene verlaufende langsame Achse eines ausgesendeten Laserstrahlenbündels zugeordnet ist.

[0019] Die erfindungsgemäße Diodenlaseranordnung kann auch Diodenlaser enthalten, die Laserstrahlenbündel emittieren, die sich im Polarisationszustand oder in der Wellenlänge voneinander unterscheiden. Zur Veränderung der Polarisation der Laserstrahlenbündel können den Diodenlasern auch optische Elemente im Strahlengang nachgeordnet sein. In diesen Fällen kann in den Strahlengängen der Diodenlaser ein Element zur Strahlvereinigung der sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel angeordnet werden.

[0020] Sind die Diodenlaser mit ihren Trägern auf einem gemeinsamen ebenen Kühlelement angeordnet, sollte dieses sich aus plattenförmigen Teilelementen zusammensetzen, die jeweils einem Diodenlaser zugeordnet sind. Jedes Teilelement enthält strahlumlenkende sowie einem Strahlaustritt dienende Stirnflächen und parallel zueinander verlaufende Seitenflächen, von denen den Diodenlasern zugewandte Seitenflächen als Strahleintrittsflächen dienen. Die strahlumlenkenden Stirnflächen, die reflektierend für das Laserstrahlenbündel des zugeordneten Diodenlasers ausgebildet sind und mit den Strahleintrittsflächen einen Winkel einschließen, bei dem eine Strahlausrichtung auf die dem Strahlaustritt dienenden Stirnflächen gewährleistet ist, sind mit einer dem Strahlaustritt dienenden Stirnflächen eines benachbarten Teilelementes zur Kopplung der sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel verbunden, wobei die verbundenen Stirnflächen für das Laserstrahlenbündel durchlässig sind, das von einem Teilelement in das andere Teilelement eingekoppelt wird.

[0021] In dem Fall, dass jeder Diodenlaser mit seinem Träger auf einer Stufe einer treppenförmigen kühlenden Oberfläche eines gemeinsamen Kühlelementes aufliegt, be-

steht das Element zur Strahlvereinigung aus einem Stapel von Einzelelementen, die jeweils einem Diodenlaser zugeordnet sind und von denen ein am Stapelrand liegendes Einzelelement als Strahlaustrittselement und jedes andere als zur Einkopplung eines geführten Laserstrahlenbündels in das im Stapel benachbarte Einzelelement vorgesehen ist. Von paarweise zueinander parallel verlaufenden Seitenflächen jedes Einzelelementes dient eine als Strahleintrittsfläche und eine erste Stirnfläche ist als Reflexionselement ausgebildet, welches das Laserstrahlenbündel in Richtung einer zweiten Stirnfläche umlenkt. Durch die Neigung der zueinander parallel gerichteten zweiten Stirnflächen zu den im Stapel miteinander verbundenen Seitenflächen sind die sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel durch selektive Reflexion und Transmission über die zweiten Stirnflächen geführt. Die zweite Stirnfläche des am Stapelrand liegenden Einzelelementes dient als strahlvereinende Fläche für alle Laserstrahlenbündel.

[0022] Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

[0023] Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Anordnung von Diodenlasern auf einem gemeinsamen ebenen Kühlelement

[0024] Fig. 2 eine perspektivische Darstellung einer von einem Gehäuse umschlossenen Diodenlaseranordnung

[0025] Fig. 3 eine perspektivische Darstellung einer Anordnung von Diodenlasern auf einem gemeinsamen treppenförmigen Kühlelement mit einer optischen Umlenkeinrichtung

[0026] Fig. 4 den Strahlenverlauf der Laserstrahlenbündel in der langsamen Achse in einer Draufsicht auf eine Anordnung gemäß Fig. 3

[0027] Fig. 5 eine Draufsicht auf eine Anordnung von Diodenlasern auf einem treppenförmigen Kühlelement mit einer optischen Umlenk- und Koppeleinrichtung für Laserstrahlenbündel, die sich in ihrem Polarisationszustand oder in der Wellenlänge unterscheiden

[0028] Fig. 6 die Umlenk- und Koppeleinrichtung aus Fig. 5 in einer Seitenansicht

[0029] Fig. 7 eine Draufsicht auf eine weitere Anordnung von Diodenlasern auf einem ebenen Kühlelement mit einer optischen Umlenk- und Koppeleinrichtung für Laserstrahlenbündel, die sich in ihrem Polarisationszustand oder in der Wellenlänge unterscheiden

[0030] Bei der in Fig. 1 dargestellten Anordnung sind Diodenlaser 1 vorgesehen, von denen jeder zur Wärmeabfuhr mit einer Wärmekontaktfläche 2 eines separaten, wärmeisolierenden Trägers 3 aus Kupfer in Verbindung steht. Der Übersicht halber ist von gleichgestalteten Elementen immer nur eines bezeichnet. Die Diodenlaser 1 weisen Emissionsbereiche auf, die in einer durch eine Pfeilmarkierung 4 gekennzeichneten Ausdehnungsrichtung parallel zu den Wärmekontaktflächen 2 langgestreckt sind. Die Träger 3 sind dabei so nebeneinander angeordnet und elektrisch isoliert aber mit geringen Wärmeübergangswiderständen auf einer kühlenden Oberfläche 5 eines gemeinsamen Kühlelementes 6 befestigt, dass die kühlende Oberfläche 5 parallel zu den Wärmekontaktflächen 2 verläuft und die Diodenlaser 1 entlang ihrer Ausdehnungsrichtung in einer Reihe liegen und demzufolge eine Strahlungsquelle mit einem zeilenförmigen Laserstrahlenbündelprofil bilden. Die Diodenlaser 1 sind außerdem mit ihren p-n-Übergangs-Ebenen p/n parallel zu den Wärmekontaktflächen 2 angeordnet, so dass die laserdiodenspezifische schnelle Achse (fast axis) FA senkrecht zu der Wärmekontaktfläche 2 und die langsame Achse (slow axis) SA parallel zu dieser Fläche verlaufen (Detail in Fig. 1). Das Kühlelement 6 besteht aus Materialien mit guter Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Kupfer und

wird üblicherweise mit nichtdargestellten Peltierelementen gekühlt, kann aber auch wassergekühlt sein. Zum Schutz vor äußeren Einflüssen sind die Diodenlaser 1 von einem Gehäuse umschlossen, indem auf das Kühlelement 6 eine Haube 7 mit einem Austrittsfenster 8 für das Laserstrahlenbündel aufgesetzt ist (Fig. 2). Alternativ kann das Laserstrahlenbündel auch in einen Lichtleiter eingekoppelt werden, der den Abschluss des Gehäuses bildet. Es besteht auch die Möglichkeit, dass Faserstecker, Fokussier- oder andere Optiken für die Strahlenfortführung zur Anwendung kommen. In das derartig aufgebaute Diodenlasermodul können zusätzlich elektrische Sicherheitseinrichtungen integriert werden, wie z. B. Relais oder Kurzschlussbrücken zur Vermeidung von ESD-Schäden, Monitordioden und Temperaturfühler für die Laserdioden und Speichermedien für Diodenlaserdaten.

[0031] Außerdem ist das Diodenlasermodul strahlvorjustiert und zur Gewährleistung einer schnellen und einfachen Austauschbarkeit mit nichtdargestellten Referenzpunkten versehen, die gegenüber einem Bezugsort reproduzierbar angeordnet werden können. In einfachster Weise sind das z. B. Stifte, die an einem vorgegebenen Ort in eine Rast eingreifen.

[0032] Sofern Anschlüsse für eine Wasserkühlung erforderlich sind, können diese leicht außerhalb des Gehäuses gelegt werden, was z. B. durch die gestrichelte Darstellung der mit 9 bezeichneten Kanäle an der Stirnseite des Kühlelementes 6 verdeutlicht werden soll. Aufgrund des Lösungskonzeptes ist es nicht erforderlich, innerhalb des Gehäuses Dichtungen gegenüber einer Flüssigkeit vorzusehen. Trotzdem kann es vorteilhaft sein, wenn Trockenmittel im Gehäuse untergebracht sind.

[0033] Die Diodenlaser 1 werden in bevorzugter Weise in elektrischer Reihenschaltung betrieben, da hierbei keine so hohen Anforderungen an die Netzgeräte und elektrischen Zuleitungen wie bei einer Parallelschaltung gestellt werden müssen. Hierfür sind die Träger 3, zusätzlich zu ihrer wärmespreizenden Funktion, als elektrischer Kontakt ausgebildet und dienen als Anode für die Diodenlaser 1. Auf der Oberseite der Träger 3 elektrisch isoliert aufgebrachte Katodenelemente 10 sind für die Reihenschaltung durch Strombrücken 11 mit jeweils einem benachbarten Träger 3 verbunden.

[0034] Jedem Diodenlaser 1 ist zur Kollimation der schnellen Achse eine Optik 12 in Form einer Zylinderlinse nachgeordnet. Zusätzlich kann auch die Divergenz der langsamen Achse mit Hilfe eines Kollimationsarrays verringert werden und es können auch optische Elemente zur Veränderung der Polarisation der Strahlung enthalten sein, wie z. B. Lambda-Halbe-Phasenverzögerungsplatten.

[0035] Die in Fig. 3 dargestellte Wärmesenke enthält im Unterschied zu der Ausführung nach Fig. 1 ein Kühlelement 13, bei dem die kühlende Oberfläche eine Treppenstruktur aufweist, auf deren Stufen 14 die Träger 3 mit den darauf befindlichen Diodenlasern 1 elektrisch isoliert aber mit geringem Wärmeübergangskoeffizienten aufliegen. Infolge dessen sind die in der Ausdehnungsrichtung der Emissionsbereiche nebeneinander liegenden Diodenlaser 1 jeweils um eine Höhe H der Stufen 14 versetzt angeordnet, so dass die von den Emissionsbereichen ausgesendeten und in der schnellen Achse kollimierten Laserstrahlenbündel mit Hilfe eines Umlenkelementes 15 umgeordnet werden können. Im Ergebnis entsteht ein aus einzelnen "Strahlungspaketen" zusammengesetztes Strahlenbündel, das demjenigen eines Diodenstapels (Stack) entspricht und bei dem die einzelnen Laserstrahlenbündel entlang ihrer langgestreckten Ausdehnung benachbart zueinander angeordnet sind.

[0036] Das Umlenkelement 15 besteht aus einem Stapel

von vorzugsweise plattenförmig ausgebildeten Einzelelementen, die in ihrer Anzahl derjenigen der Diodenlaser 1 entsprechen und von denen jedes im Strahlengang eines Diodenlasers 1 in Höhe der jeweiligen Stufe 14 angeordnet ist. Von paarweise zueinander parallel verlaufenden Seitenflächen 16, 17, 18, 19 dient die für die Wellenlänge des Diodenlasers 1 antireflektierend beschichtete Seitenfläche 16 als Strahleintrittsfläche und eine erste, ebenfalls für die Wellenlänge des Diodenlasers 1 antireflektierend beschichtete Stirnfläche 20 für den Strahlaustritt. Eine zweite, die Wellenlänge des Diodenlasers 1 reflektierende Stirnfläche 21 schließt mit der Strahleintrittsfläche einen solchen Winkel  $\alpha$  ein, dass das Laserstrahlenbündel in Richtung der Stirnfläche 20 für den Strahlaustritt umgelenkt wird. Im vorliegenden Beispiel beträgt der Einfallswinkel  $45^\circ$ . Die Reflexion an der Stirnfläche 21 kann durch eine hochreflektierende Beschichtung erreicht werden oder das Laserstrahlenbündel fällt unter einem solchen Winkel ein, dass die Bedingungen der Totalreflexion erfüllt sind (z. B.  $41,8^\circ$  bei  $n = 1,5$ ). Die als Strahleintrittsfläche dienende Seitenfläche 16 weist in einer Richtung senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene eine Ausdehnung auf, welche die Ausdehnung des in dieser Richtung kollimierten Laserstrahlenbündels derart überschreitet, dass eine dämpfungssarme Strahlungseinkopplung gewährleistet ist und Reflexionen an den Seitenflächen 18, 19 des Einzelelementes in Richtung der schnellen Achse vermieden werden.

[0037] Anders dagegen wird mit dem Laserstrahlenbündel in Richtung der langsamen Achse verfahren, was mit Hilfe von Fig. 4 verdeutlicht werden soll. Die gemäß der Ausführung nach Fig. 3 in Richtung der langsamen Achse schwach divergenten Laserstrahlenbündel 22 werden nach ihrer Reflexion an den jeweiligen umlenkenden Stirnflächen 21 von den Seitenflächen 16, 17 durch interne Totalreflexionen geführt, wobei die Strahlqualität erhalten bleibt. Die damit verbundene Strahldurchmischung in der langsamen Achse führt in vorteilhafter Weise zu einer Homogenisierung der Leistungsverteilung entlang dieser Achse.

[0038] Da der Abstand der übereinandergelegten Strahlungspakete durch die Höhe H der Stufen 14 und durch die Ausdehnung der Seitenflächen 16 in der Richtung senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene bestimmt ist, kann eine Leistungsdichteeinstellung in einfacher Weise ohne wesentliche Anpassung des Kühlsystems und des Designs des Diodenlasers 1 erfolgen. Man erhält somit ein äußerst anpassungsfähiges System, dessen Grundelemente immer auf gleiche Weise hergestellt und angeordnet werden.

[0039] Es ist selbstverständlich möglich, dem Umlenkelement 15 weitere optische Elemente im Strahlengang vor- und nachzuordnen. Solche Elemente können z. B. vorgeordnete Strahlumformer sein, die der Symmetrisierung der Strahlqualität in beiden Achsen dienen oder nachgeordnete Fokussieroptiken, um einen Pumpspot zu erzeugen oder das Laserstrahlenbündel in eine Faser einzukoppeln. Die Anordnung kann auch wieder in einem Gehäuse, wie anhand von Fig. 2 beschrieben, eingebaut sein.

[0040] Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 und 6 enthält in Anlehnung an Fig. 3 auf einem treppenförmigen Kühlelement 23 zwei Diodenlaser 24, 25 mit separaten wärmespreizenden Trägern 26, 27 und jeweils zugeordneten Kollimationsoptiken 28, 29 für die schnelle Achse. Die erzeugten kollimierten Laserstrahlenbündel sind auf ein Umlenk- und Koppellement 30 gerichtet, das wiederum aus Einzelelementen 31, 32 besteht, in denen in der langsamen Achse eine Strahlungsführung wie in einem Wellenleiter erfolgt. In Abwandlung zu der Ausführung nach Fig. 3 können sich die Laserstrahlenbündel der beiden Diodenlaser 24, 25 entweder in ihrem Polarisationszustand oder in der Wellen-

länge unterscheiden, wobei eine Strahlensammenführung mit Hilfe von selektiv wirkenden reflektierenden und antireflektierenden Oberflächen der Einzelemente 31, 32 erfolgt. [0041] So ist das z. B. TE-polarisierte Laserstrahlenbündel des Diodenlasers 24 auf eine für diese Polarisation hochreflektierend ausgebildete und zu einer Strahleintrittsfläche 33 um 45° geneigte Spiegelfläche 34 des Einzelementes 31 gerichtet. Das andere Laserstrahlenbündel, das über eine Strahleintrittsfläche 35 in das Einzelement 32 eintritt, besitzt TM-Polarisation und wird als s-polarisiertes Strahlenbündel auf eine für diese Polarisation wirkende reflektierende Oberfläche 37 gerichtet, die parallel zur Spiegelfläche 34 gerichtet ist. Beide Laserstrahlenbündel durchlaufen das jeweilige Einzelement 31, 32 in der anhand von Fig. 3 und 4 beschriebenen geführten Weise und werden austrittsseitig mit Hilfe eines Koppellementes 38 zusammengeführt. Dazu enthält eines der Einzelemente, hier das Einzelement 31, eine um 45° zum Strahlengang geneigte stirnseitige Reflexionsfläche 39, die das in dem Einzelement geführte Laserstrahlenbündel umlenkt und auf eine parallel zur Reflexionsfläche 39 verlaufende Elementfläche 40 am stirnseitigen Ausgang des anderen Einzelementes, hier das Einzelement 32, richtet. Die Elementfläche 40 ist hochreflektierend ausgebildet für den Polarisationszustand des von der Reflexionsfläche 39 umgelenkten Laserstrahlenbündels (s-Polarisation) und antireflektierend für den Polarisationszustand des in dem anderen Einzelement 32 geführten Laserstrahlenbündels (p-Polarisation). Bei gleichartig polarisierten Laserstrahlenbündeln muss die Polarisationsrichtung eines Diodenlasers mit Hilfe einer in gestrichelter Weise dargestellten  $\lambda/2$ -Platte 36 gedreht werden. [0042] In analoger Weise lässt sich eine Anordnung aufbauen, die wellenlängenselektiv arbeitet, d. h. bei der Laserstrahlenbündel von Diodenlasern zusammengeführt werden, die sich in ihrer Wellenlänge unterscheiden. Im Falle einer Wellenlängenkopplung können mehr als zwei Laserstrahlenbündel überlagert werden. Eine Weiterverarbeitung ist wie bei einer herkömmlichen Laserzeile, z. B. durch Umordnung, Fokussierung o. ä. möglich. Es empfiehlt sich hierbei, die Laserstrahlung in beiden Achsen zu kollimieren, um Verluste bei der Kopplung auf Grund von divergenter Inzidenz zu vermeiden. [0043] In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 sind zwei Diodenlaser 41, 42 mit separaten wärmeispreizenden Trägern 43, 44 und jeweils zugeordneten Kollimationsoptiken 45, 46 für die schnelle Achse auf einem ebenen Kühlelement 47 aufgebracht. Ein in den Strahlengängen der Diodenlaser 41, 42 angeordnetes plattenförmiges optisches Umlenk- und Koppellement 48 setzt sich aus plattenförmigen Teilelementen 49, 50 zusammen, wobei sich die Zahl von Teilplatten in allgemeiner Weise nach der Anzahl der koppelbaren Diodenlaser bestimmt. Beide Teilelemente 49, 50 enthalten paarweise zueinander parallel verlaufende Seitenflächen, von denen nur jeweils ein Paar mit 51, 52 bzw. 53, 54 bezeichnet ist. Die den Diodenlasern zugewandten Seitenflächen 51, 53 dienen als Strahleintrittsflächen. Jeweils eine erste Stirnfläche 55, 56 der Teilelemente 49, 50 schließt mit der Strahleintrittsfläche einen 45°-Winkel ein und ist in Bezug auf die Laserstrahlung des zugeordneten Diodenlasers 41 bzw. 42 in reflektierender Weise wirksam. Verbunden sind die Teilelemente 49, 50, indem das Teilelement 49 an die erste Stirnfläche 56 des Teilelementes 50 mit einer parallel zu der Stirnfläche 56 verlaufenden zweiten Stirnfläche 57 anschließt. Die miteinander verbundenen Stirnflächen 56, 57 bilden ein Koppellement zur Strahlensammenführung von Laserstrahlenbündeln, die sich entweder in ihren Polarisationszuständen oder in der Wellenlänge unterscheiden. Für eine Polarisationskopplung ist die

bei der Stirnfläche 56 vorhandene reflektierende Eigenschaft für den Polarisationszustand des einen Laserstrahlenbündels vom Diodenlaser 42 zu ergänzen durch die Eigenschaft der Strahlungsdurchlässigkeit für den Polarisationszustand des anderen Laserstrahlenbündels des Diodenlasers 41, das bereits das Teilelement 49 geführt durchlaufen hat. Vorzugsweise dient dazu eine Beschichtung, die beide Eigenschaften in sich vereint. Unterschiedliche Polarisationszustände werden entweder durch die Diodenlaser 41, 42 selbst bereitgestellt (TE- bzw. TM-Polarisation), oder es wird im Strahlengang eines der Diodenlaser eine  $\lambda/2$ -Platte 59 angeordnet. Diese Möglichkeit soll durch eine gestrichelte Darstellungsweise verdeutlicht werden.

[0044] Für den Strahlaustritt ist schließlich eine zweite Stirnfläche 58 des Teilelementes 50 vorgesehen, die senkrecht zur Strahlausbreitung geschnitten und für beide Polarisationszustände beziehungsweise alle Wellenlängen entspiegelt ist.

#### Patentansprüche

1. Diodenlaseranordnung, bei der ein jeder Diodenlaser mit einer Wärmekontaktfläche eines separaten, wärmeispreizenden Trägers in Verbindung steht, einen Emissionsbereich aufweist, der in einer Ausdehnungsrichtung parallel zu den Wärmekontaktflächen langgestreckt ist und eine p-n-Übergangs-Ebene enthält, die parallel zu den Wärmekontaktflächen verläuft, dadurch gekennzeichnet, dass die Träger (3, 27, 27, 43, 44) in Ausdehnungsrichtung der Emissionsbereiche nebeneinander angeordnet und elektrisch isoliert auf einer kühlenden Oberfläche (5) eines gemeinsamen Kühlelementes (6, 13, 23, 44) befestigt sind, so dass die kühlende Oberfläche (5) parallel zu den Wärmekontaktflächen (2) verläuft.
2. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (1, 24, 25, 41, 42) untereinander elektrisch in Reihe geschaltet sind und jeder Träger (3, 27, 27, 43, 44) als elektrischer Kontakt zu dem verbundenen Diodenlaser (1, 24, 25, 41, 42) ausgebildet ist.
3. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Diodenlaser (1, 24, 25, 41, 42) ein Kollimator (12, 28, 29, 45, 46) für die senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene (p/n) verlaufende schnelle Achse (FA) eines ausgesendeten Laserstrahlenbündels zugeordnet ist.
4. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die kühlende Oberfläche (5) eine Treppenstruktur aufweist, auf deren Stufen (14) die Träger (3, 26, 27) aufliegen.
5. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass den Diodenlasern (1, 24, 25, 41, 42) ein Umlenkelement (15) nachgeordnet ist, das die Laserstrahlenbündel entlang ihrer langgestreckten Ausdehnung benachbart zueinander anordnet.
6. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Umlenkelement (15) aus einem Stapel von Einzelementen besteht, von denen jedes einem Diodenlaser (1) zugeordnet ist, wobei von paarweise zueinander parallel verlaufenden Seitenflächen (16, 17, 18, 19) des Einzelementes eine als Strahleintrittsfläche dient und eine erste Stirnfläche (21) als Reflexionselement ausgebildet ist, welches das Laserstrahlenbündel in Richtung einer zweiten, für den Strahlaustritt vorgesehenen Stirnfläche (20) umlenkt.
7. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahleintrittsfläche (16) in

einer Richtung senkrecht zur p-n-Übergangs-Ebene (p/n) eine Ausdehnung aufweist, welche die Ausdehnung des Laserstrahlenbündels in dieser Richtung derart überschreitet, dass eine dämpfungsarme Strahlungseinkopplung gewährleistet ist und Reflexionen an den Seitenflächen (18, 19) des Einzelelementes in Richtung der schnellen Achse (FA) vermieden werden.

8. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlenbündel in Richtung der langsamen Achse (SA) eine solche Divergenz aufweisen, dass an den Seitenflächen (16, 17) des Einzelelementes eine interne Totalreflexion stattfindet, was zu einer Strahlhomogenisierung führt.

9. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahleintrittsfläche (16) und die Stirnfläche (20) für den Strahlaustritt antireflektierend beschichtet sind.

10. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das gemeinsame Kühlelement (6, 13, 23, 47) mit wärmeabführenden Mitteln gekoppelt ist.

11. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wärmeabführenden Mittel Peltier-Elemente sind.

12. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wärmeabführenden Mittel als Wasserkühlung ausgebildet sind.

13. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wärmeabführenden Mittel eine erzwungene Konvektion beinhalten.

14. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Träger (3, 27, 27, 43, 44) und der kühlenden Oberfläche (5) ein Wärmeübergangskoeffizient von mindestens  $0,03 \text{ W/mm}^2\text{K}$  vorhanden ist.

15. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Diodenlaser (1, 41, 42) ein Kollimator für die parallel zur p-n-Übergangs-Ebene (p/n) verlaufende langsame Achse (SA) eines ausgesendeten Laserstrahlenbündels zugeordnet ist.

16. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (24, 25, 41, 42) Laserstrahlenbündel emittieren, die sich im Polarisationszustand voneinander unterscheiden.

17. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass den Diodenlasern (25, 42) optische Elemente (36, 59) zur Veränderung der Polarisation der Laserstrahlenbündel im Strahlengang nachgeordnet sind.

18. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (24, 25, 41, 42) Laserstrahlenbündel emittieren, die sich in der Wellenlänge voneinander unterscheiden.

19. Diodenlaseranordnung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass in den Strahlengängen der Diodenlaser (24, 25, 41, 42) ein Umlenk- und Kopelement (30, 48) der sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel angeordnet ist.

20. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Umlenk- und Kopelement (48) sich aus plattenförmigen Teilelementen (49, 50) zusammensetzt, die jeweils einem Diodenlaser (41, 42) zugeordnet sind und strahlumlenkende sowie einem Strahlaustritt dienende Stirnflächen (55, 56, 57, 58) und parallel zueinander verlaufende Seitenflächen (51, 52, 53, 54) enthalten, von denen den Diodenlasern (41, 42) zugewandte Seitenflächen (51, 53) als Strahleintrittsflächen dienen, und dass die strahlumlenkenden

Stirnflächen (55, 56), die reflektierend für das Laserstrahlenbündel des zugeordneten Diodenlasers ausgebildet sind und mit den Strahleintrittsflächen (51, 53) einen Winkel einschließen, bei dem eine Strahlausrichtung auf die dem Strahlaustritt dienenden Stirnflächen (57, 58) gewährleistet ist, mit einer dem Strahlaustritt dienenden Stirnflächen eines benachbarten Teilelementes zur Kopplung der sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel verbunden sind, wobei die verbundenen Stirnflächen (56, 57) für das Laserstrahlenbündel durchlässig sind, das von einem Teilelement (49) in das andere Teilelement (50) eingekoppelt wird.

21. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Diodenlaser (24, 25) mit seinem Träger (26, 27) auf einer Stufe einer treppenförmigen kühlenden Oberfläche eines gemeinsamen Kühlelementes (23) aufliegt.

22. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Umlenk- und Kopelement (30) aus einem Stapel von Einzelelementen (31, 32) besteht, die jeweils einem Diodenlaser (24, 25) zugeordnet sind und von denen ein am Stapelrand liegendes Einzelelement als Strahlaustrittselement und jedes andere als zur Einkopplung eines geführten Laserstrahlenbündels in das im Stapel benachbarte Einzelelement vorgesehen ist, dass von paarweise zueinander parallel verlaufenden Seitenflächen jedes Einzelelementes (31, 32) eine Seitenfläche (33, 35) als Strahleintrittsfläche dient und eine erste Stirnfläche (34, 37) als Reflexions-element ausgebildet ist, die das Laserstrahlenbündel in Richtung einer zweiten Stirnfläche (39, 40) umlenkt, und dass durch die Neigung der zueinander parallel gerichteten zweiten Stirnflächen (39, 40) zu den im Stapel miteinander verbundenen Seitenflächen die sich voneinander unterscheidenden Laserstrahlenbündel durch selektive Reflexion und Transmission über die zweiten Stirnflächen (39, 40) geführt sind und die zweite Stirnfläche (40) des am Stapelrand liegenden Einzelelementes (32) als strahlvereinende Fläche für alle Laserstrahlenbündel dient.

23. Diodenlaseranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (1, 24, 25, 41, 42) von einem gemeinsamen Gehäuse (7) umschlossen sind, das einen Austrittsbereich (8) für die Laserstrahlenbündel enthält.

24. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Gehäuse (7) Trockenmittel enthalten sind.

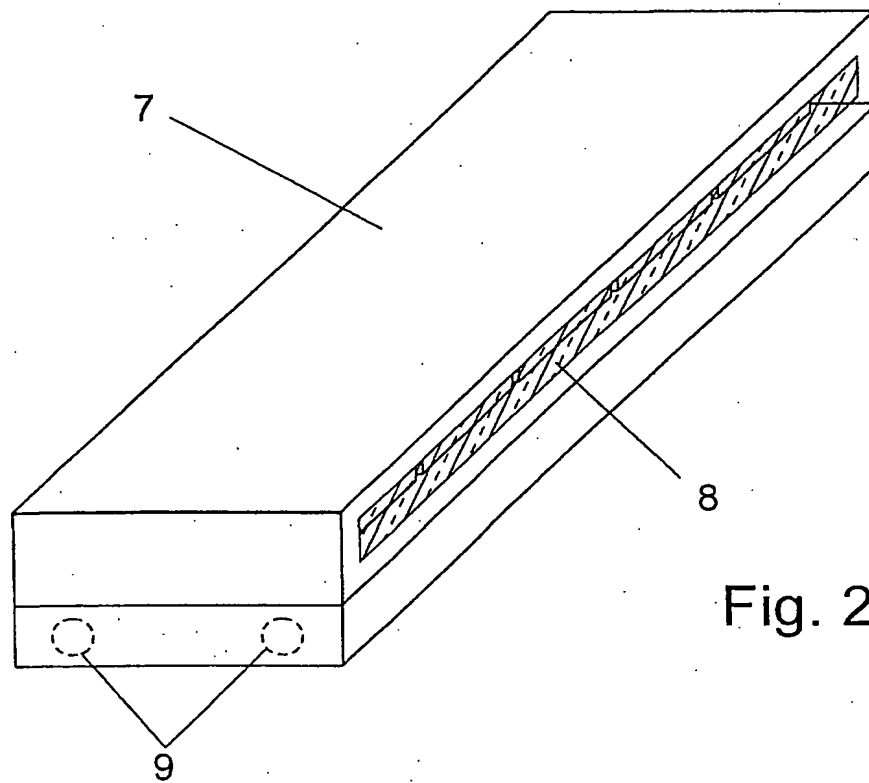
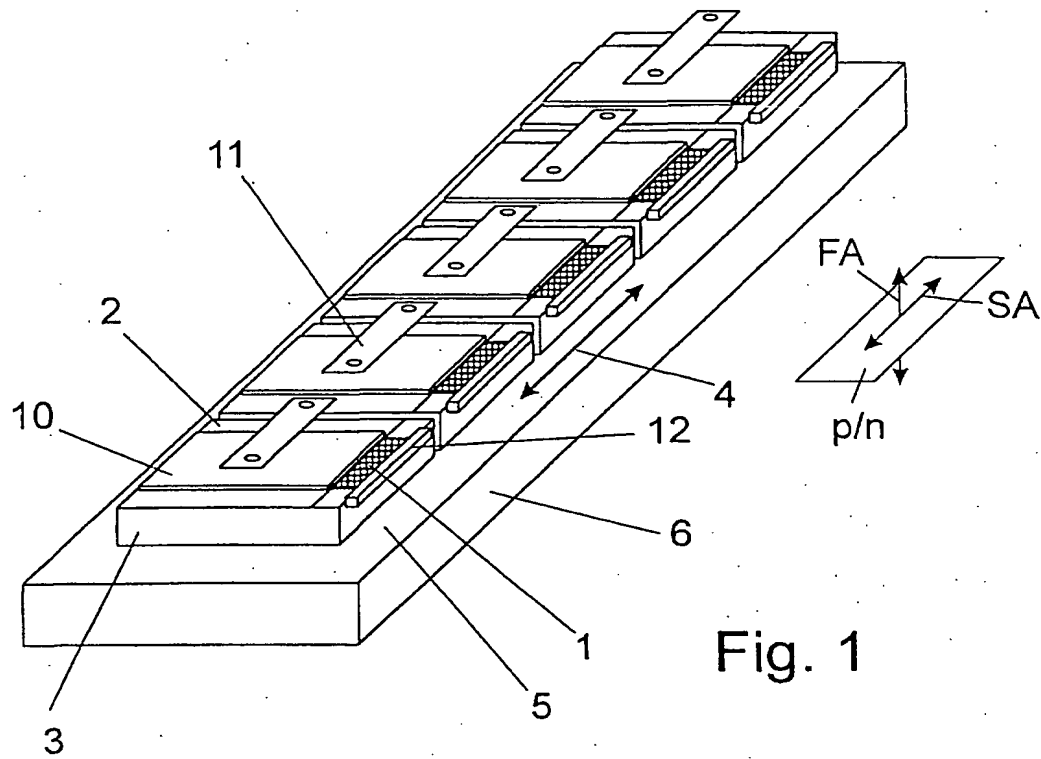
25. Diodenlaseranordnung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Gehäuse (7) Sicherheitseinrichtungen integriert sind.

---

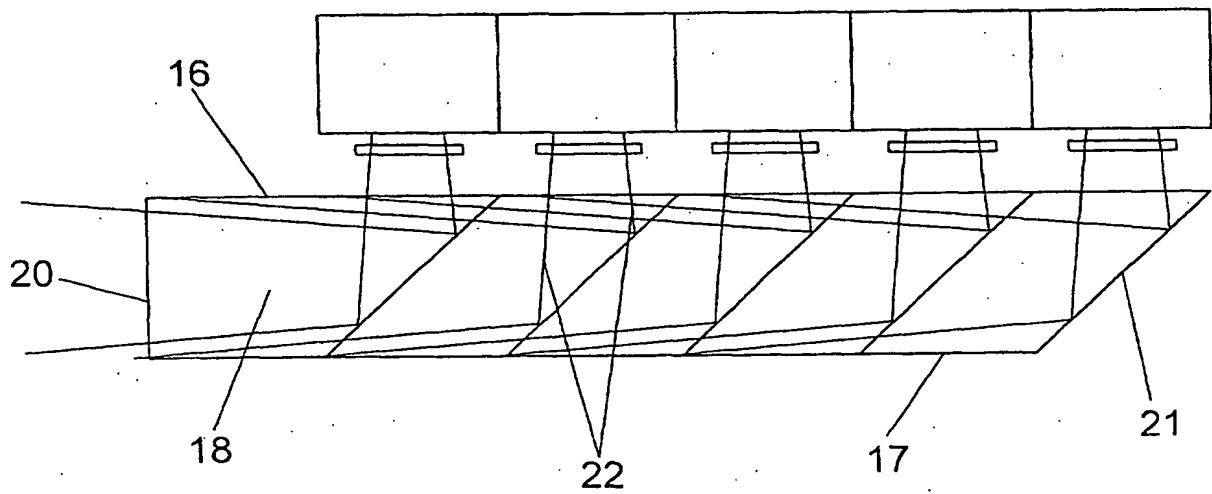
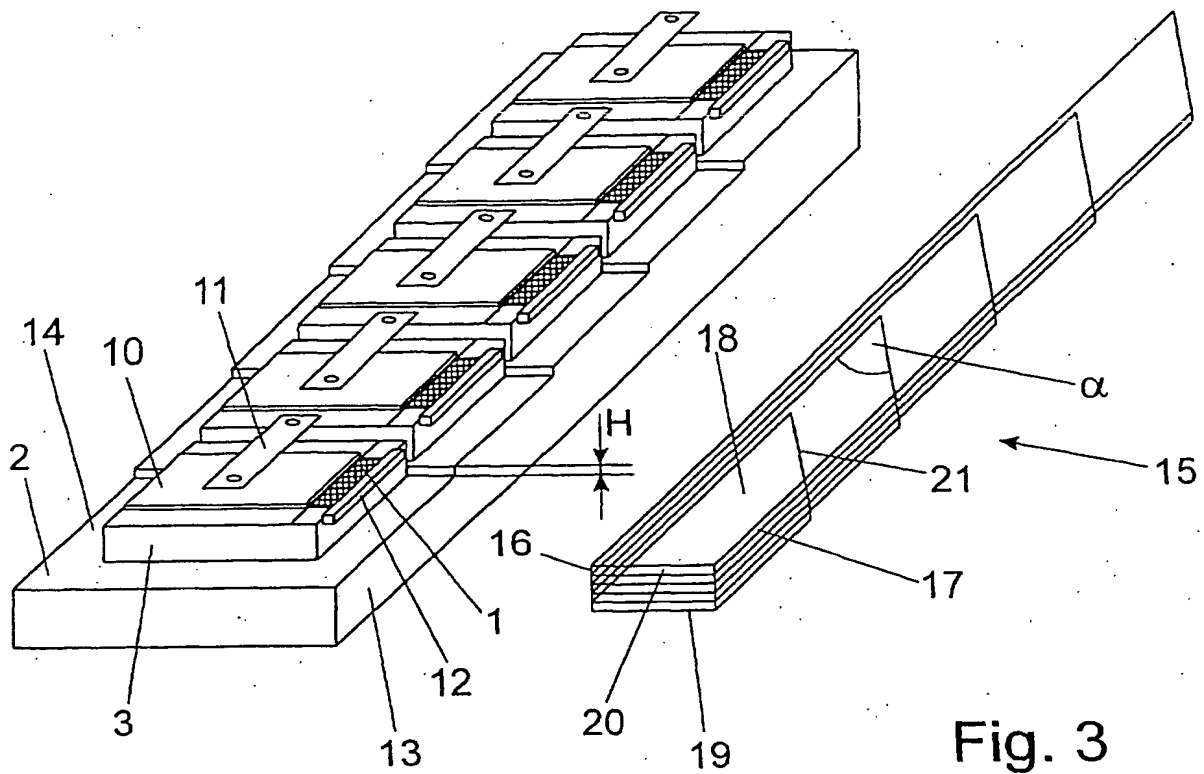
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -







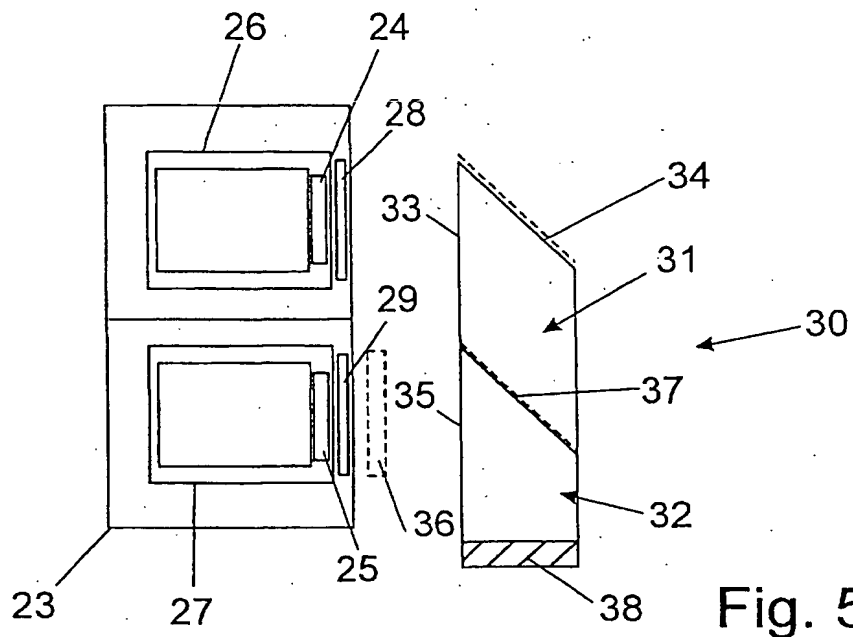


Fig. 5

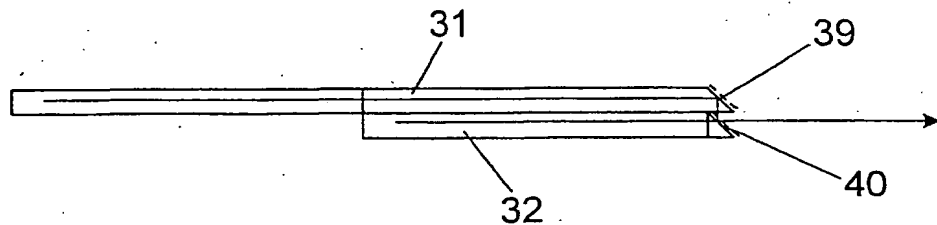


Fig. 6

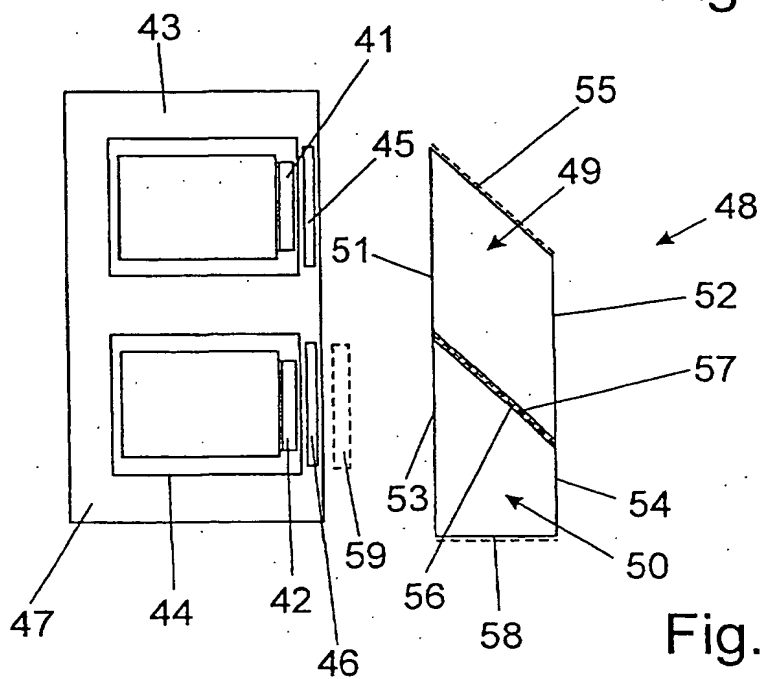


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**